

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/019433

International filing date: 24 December 2004 (24.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-435910
Filing date: 26 December 2003 (26.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 24 February 2005 (24.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

28.12.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 2 月 2 6 日
Date of Application:

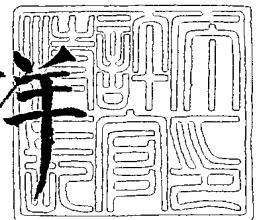
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 4 3 5 9 1 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 4 3 5 9 1 0]

出 願 人 東京電力株式会社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 2 月 1 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



出証番号 出証特 2 0 0 5 - 3 0 0 9 1 7 6

【書類名】 特許願
【整理番号】 T02P013
【提出日】 平成15年12月26日
【あて先】 特許庁長官
【国際特許分類】 G01F 1/66
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 3 号 東京電力株式会社内
 【氏名】 森 治嗣
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 3 号 東京電力株式会社内
 【氏名】 手塚 健一
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 3 号 東京電力株式会社内
 【氏名】 手塚 英昭
【特許出願人】
 【識別番号】 000003687
 【氏名又は名称】 東京電力株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100101742
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 麦島 隆
【選任した代理人】
 【識別番号】 100101384
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 的場 成夫
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 107918
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

所要周波数の超音波パルス超音波トランスジューサから測定線に沿って流体配管内の被測定流体中へ入射させる超音波送信手段と、被測定流体に入射された超音波パルスのうち測定領域から反射された超音波エコーを受信し、測定領域における被測定流体の流速分布を測定する流体速度分布測定手段と、前記被測定流体の流速分布に基づいて、前記測定領域における被測定流体の流量を演算する流量演算手段とを備えて被測定流体の流量を測定する超音波流量計であって、

超音波送信手段と超音波エコーを受信する受信手段とを一体に形成し、

被測定流体に係る流体配管の外壁面に対して前記超音波送信手段を固定するためのくさびを設け、

そのくさびにおける前記超音波送信手段から流体配管の外壁面に至る距離を、当該くさび内を超音波が透過する速度に超音波の振動子が有する不感帯の時間を掛けて算出される距離よりも大きくなるように形成したことを特徴とする超音波流量計。

【請求項 2】

所要周波数の超音波パルス超音波トランスジューサから測定線に沿って流体配管内の被測定流体中へ入射させる超音波送信手段と、被測定流体に入射された超音波パルスのうち測定領域から反射された超音波エコーを受信し、測定領域における被測定流体の流速分布を測定する流体速度分布測定手段と、前記被測定流体の流速分布に基づいて、前記測定領域における被測定流体の流量を演算する流量演算手段とを備え、超音波送信手段と超音波エコーを受信する受信手段とを一体に形成し、被測定流体の流量を測定する超音波流量計に用いるくさびであって、

被測定流体に係る流体配管に対して前記超音波送信手段を固定するための固定部と、

その固定部に固定された超音波送信手段から流体配管の外壁面に至る超音波伝達部とを備え、

その超音波伝達部における超音波送信手段から流体配管の外壁面に至る距離を、当該くさび内を超音波が透過する速度に超音波の振動子が有する不感帯の時間を掛けて算出される距離よりも大きくなるように形成したことを特徴とする超音波流量計用のくさび。

【請求項 3】

くさびにおける超音波送信手段から流体配管の外壁面に至る部位の材質は、流体配管の音響インピーダンスと同じとなる材質としたことを特徴とする請求項 1 に記載の超音波流量計。

【請求項 4】

くさびにおける超音波伝達部の材質は、流体配管の音響インピーダンスと同じとなる材質としたことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波流量計用のくさび。

【書類名】明細書

【発明の名称】超音波流量計および超音波流量計に用いるくさび

【技術分野】

【0001】

本発明は、測定領域の流速分布から被測定流体の流量を時間依存で瞬時に測定することが可能な超音波流量計およびそれに関連する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

非接触で流量を測定可能であるドップラ式超音波流量計については、さまざまな技術が提供されている。（例えば、特開 2000-97742 号）

【0003】

【特許文献 1】特開 2000-97742 号

【0004】

上記の技術を具体的に説明する。上記文献に開示されているドップラ式超音波流量計は、所要周波数の超音波パルス超音波トランスジューサから測定線に沿って流体（たとえば水）の配管内の被測定流体中へ入射させる超音波送信手段と、被測定流体に入射された超音波パルスのうち測定領域から反射された超音波エコーを受信し、測定領域における被測定流体の流速分布を測定する流体速度分布測定手段と、前記被測定流体の流速分布に基づいて、前記測定領域における被測定流体の流量を演算する流量演算手段とを備えて被測定流体の流量を測定するものである。

【0005】

この技術は、配管内を流れる被測定流体の流速分布を測定し、時間的に変動する過渡時の流量を応答性に優れている。また、流体の流れが充分に発達していない箇所や流れが三次元になっている場所、例えばエルボ配管や U 字状の反転配管のように曲げられた配管の直後でも、被測定流体の流量を効率的に精度よく瞬時に測定できる。それ以前に提供されていた超音波流量計と比較した場合、実験値や経験値などから割り出された「流量補正係数」がなくても正確な測定が可能であるという特徴があり、大きく評価されている。

【0006】

超音波流量計においては、被測定流体が液体である場合にはくさびを介して超音波送信手段を配管へ固定する「クランプオン形」を用いることが多い。配管に対して「後付け」が可能であるなどの利点があるからである。そのくさびについては、超音波を通しやすい材質であることが第一条件である。一方、超音波の入射角度を決定した後に超音波送信手段の固定作業を行うなどの便宜から、一般には合成樹脂（例えばアクリル樹脂）を採用する。

【0007】

最近の超音波流量計では、超音波の発振装置（エミッション）とその超音波の反射波を受信する装置（レシーバ）とを一つの超音波発信受信装置として提供することが多い。超音波の発振装置とその超音波の反射波を受信する装置とを別々に用意した超音波流量計では、それぞれを流体配管へ厳格な位置決めをして取り付けなければならないが、超音波発信受信装置として提供された超音波流量計では流体配管への取り付け作業が一度で済むなどの利点がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

さて、上述した「クランプオン形」の超音波流量計につき、更なる測定精度の向上を目指していたところ、以下のような問題点が浮上した。図 3 に基づいて説明する。

エミッションとレシーバとを一つの超音波発信受信装置（トランスジューサ 20）として提供する場合、エミッションとして機能させたりレシーバとして機能させたりすることを切り替えて繰り返すように制御する。エミッションには、超音波を発振させるための振動子（ピエゾ素子）が備えられており、駆動信号を受けて振動するが、駆動信号を止めて

も機械的な振動が残ってしまう。その駆動信号停止後に残った振動は、切り替えられたレシーバにとってはノイズとなる。その結果、流速算出手段において、図3に示すようなノイズが原因と思われる誤差が発生する。管内径に沿った流速の分布が滑らかな曲線にならないからである。

このノイズは、被測定流体に係る流体配管の径が大きい場合にはそれほど問題にならないが、配管径が小さい場合には無視できない測定誤差の原因となることが判明した。また、前記の機械的な振動は、振動子またはエミッションの個体差があり、レシーバへの切り替え後に振動が残りやすいエミッションとそうでないものがあることも判明した。

【0009】

本発明が解決しようとする課題は、エミッションとレシーバとを一つの超音波発信受信装置として提供される超音波流量計において、エミッションから発生するノイズを原因とする測定誤差を抑制し、より正確な流量を計測する技術を提供することである。

請求項1および請求項3に記載の発明の目的は、エミッションから発生するノイズを原因とする測定誤差を抑制し、より正確な流量を計測する超音波流量計を提供することにある。

請求項2および請求項4に記載の発明の目的は、エミッションから発生するノイズを原因とする測定誤差を抑制し、より正確な流量を計測する超音波流量計用のくさびを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

(請求項1)

請求項1記載の発明は、所要周波数の超音波パルス超音波トランスジューサから測定線に沿って流体配管(10)内の被測定流体(11)中へ入射させる超音波送信手段(20)と、被測定流体(11)に入射された超音波パルスのうち測定領域から反射された超音波エコーを受信し、測定領域における被測定流体の流速分布を測定する流体速度分布測定手段と、前記被測定流体の流速分布に基づいて、前記測定領域における被測定流体の流量を演算する流量演算手段とを備えて被測定流体の流量を測定する超音波流量計に係る。その超音波流量計においては、超音波送信手段と超音波エコーを受信する受信手段とを一体に形成する。

そして、被測定流体(11)に係る流体配管(10)の外壁面に対して前記超音波送信手段(20)を固定するためのくさび(30)を設け、そのくさび(30)における前記超音波送信手段(20)から流体配管(10)の外壁面に至る距離を、当該くさび(30)内を超音波が透過する速度に超音波の振動子が有する不感帯の時間を掛けて算出される距離よりも大きくなるように形成したことを特徴とする。

【0011】

(用語説明)

上記の超音波流量計には、一般のドップラ式超音波流量計と、相関法を用いた超音波流量計とを含む。相関法を用いた超音波流量計とは、例えば、特開2003-344131号に開示されているような超音波流量計である。

両者とも、所要周波数の超音波パルス超音波トランスジューサから測定線に沿って流体配管内の被測定流体中へ入射させる超音波送信手段と、被測定流体に入射された超音波パルスのうち測定領域から反射された超音波エコーを受信し、測定領域における被測定流体の流速分布を測定する流体速度分布測定手段と、前記被測定流体の流速分布に基づいて、前記測定領域における被測定流体の流量を演算する流量演算手段とを備えて被測定流体の流量を測定する。

【0012】

「流量演算手段」は、流量を $m(t)$ とするととき、

【数 1】

$$m(t) = \rho \int v(x \cdot t) \cdot dA \quad \dots\dots(1)$$

但し、 ρ ：被測定流量の密度

$v(x \cdot t)$ ：時間 t における速度成分 (x 方向)

の演算を行う手段である。

【0 0 1 3】

また、上記の式 (1) から、流体配管を流れる時間 t の流量 $m(t)$ は、次式に書き換えることができる。

【数 2】

$$m(t) = \rho \iint v_x(r \cdot \theta \cdot t) \cdot r \cdot dr \cdot d\theta \quad \dots\dots(2)$$

但し、 $v_x(r \cdot \theta \cdot t)$ ：時間 t における配管横断面上の中心から距離 r ，
角度 θ の管軸方向の速度成分

【0 0 1 4】

なお、配管内を流れる被測定流体の流れが、管軸方向の流れで半径方向や角度 θ の流れ v_r ， v_θ を無視できるとすると、 $v_x \gg v_r = v_\theta$ となり、流量計測は簡素化され、次式で表わされる。

【数 3】

$$m(t) = \sum_i^N \cdot \frac{2\pi}{N} \int_{-R}^R \{v_x(r \cdot \theta_i \cdot t) / \sin \alpha\} \cdot r \cdot dr \quad \dots\dots(3)$$

ここで、 α とは、超音波トランスジューサから発振される超音波の入射角度、すなわち管壁への垂線に対してなす角度である。

【0 0 1 5】

超音波トランスジューサ (20) から発振される超音波の入射角度 α は、配管の材質、配管の内径および外径または肉厚、被測定流体の種類などの可変条件が特定されることによって決定される。

一方、くさび (30) における前記超音波送信手段 (20) から流体配管 (10) の外壁面に至る距離を L_x とし、当該くさび (30) 内を超音波が透過する速度を V_k とし、超音波の振動子が有する不感帯の時間を T_t とすると、 $L_x > V_k \times T_t$ である。

具体的には、例えばくさび (30) の材質がアクリル樹脂である場合には $V_k = 2700 \text{ m/秒}$ であり、 $T_t = 20 \text{ ms}$ であるので、 54 mm 以上を確保すればよいこととなる。

【0 0 1 6】

(作用)

L_x を $V_k \times T_t$ よりも大きくなるように確保できれば、振動子に残留の振動があっても必要とする測定範囲を確保するので、レシーバに振動が伝わらない。このため、ノイズによる測定誤差の発生を抑制できる。

なお、従来は、前記の L_x を、慣習的に $5 \sim 50 \text{ mm}$ 程度としていた。その理由は、 L_x が短いほどくさび内を通過する超音波の減衰が小さいからである。

【0 0 1 7】

(請求項 2)

請求項 2 記載の発明は、 所要周波数の超音波パルスを超音波トランスジューサから測定線に沿って流体配管(10)内の被測定流体(11)中へ入射させる超音波送信手段(20)と、被測定流体(11)に入射された超音波パルスのうち測定領域から反射された超音波エコーを受信し、測定領域における被測定流体の流速分布を測定する流体速度分布測定手段と、前記被測定流体の流速分布に基づいて、前記測定領域における被測定流体の流量を演算する流量演算手段とを備え、超音波送信手段と超音波エコーを受信する受信手段とを一体に形成し、被測定流体の流量を測定する超音波流量計に用いるくさび(30)に係る。

そのくさび(30)は、被測定流体(11)に係る流体配管(10)に対して前記超音波送信手段(20)を固定するための固定部(31)と、 その固定部(31)に固定された超音波送信手段(20)から流体配管(10)の外壁面に至る超音波伝達部(32)とを備え、 その超音波伝達部(32)における超音波送信手段(20)から流体配管(10)の外壁面に至る距離を、当該くさび(30)内を超音波が透過する速度に超音波の振動子が有する不感帯の時間を掛けて算出される距離よりも大きくなるように形成したことを特徴とする。

【0018】

超音波伝達部(32)と固定部(31)との材質は異なっている、同一（すなわち一体）でもよい。超音波伝達部(32)についての V_k の値が小さな材質を採用できれば、ノイズ発生を抑制しつつコンパクトなくさび(30)を提供できることとなる。

【0019】

(作用)

以上のような構成により、超音波送信手段における振動子が振動を停止した後に残る振動は、超音波伝達部(32)において超音波送信手段(20)から流体配管(10)の外壁面に至る距離において吸収されるので、受信手段へのノイズとはならない。このため、測定誤差の発生を抑制することができる。

【0020】

(請求項 3)

請求項 3 記載の発明は、請求項 1 に記載の超音波流量計を限定したものであり、

くさびにおける超音波送信手段から流体配管の外壁面に至る部位の材質は、流体配管の音響インピーダンスと同等となる材質としたことを特徴とする。

「同等のインピーダンス」とは、例えばプラスマイナス約 10 % 程度、より好ましくはプラスマイナス約 5 % 程度である。

【0021】

(作用)

超音波送信手段が送信する超音波は、被測定流体中の気泡などに反射した反射波（縦波）を用いたいのであるが、くさびと流体配管との材質（音響インピーダンス）が異なると、両者の界面において超音波の「横波」が発生する。この横波の存在が、測定誤差の原因のひとつとなっている。

しかし、くさびにおける超音波送信手段から流体配管の外壁面に至る部位の材質が、流体配管の音響インピーダンスと同じとなる材質であると横波が発生しない。そのため、横波を原因とする測定誤差の発生をも抑制できる。

【0022】

(請求項 4)

請求項 4 記載の発明は、請求項 2 に記載の超音波流量計用のくさびを限定したものであり、

くさびにおける超音波伝達部の材質は、流体配管の音響インピーダンスと同じとなる材質としたことを特徴とする。

【0023】

(作用)

本請求項記載の発明に係るくさびを採用した超音波流量計は、横波が発生しないため、横波を原因とする測定誤差の発生をも抑制できる。

【発明の効果】

【0024】

請求項1に記載の発明によれば、エミッションから発生するノイズを原因とする測定誤差を抑制し、より正確な流量を計測する超音波流量計を提供することができた。

請求項2に記載の発明によれば、エミッションから発生するノイズを原因とする測定誤差を抑制し、より正確な流量を計測する超音波流量計用のくさびを提供することができた。

請求項3および請求項4に記載の発明によれば、横波の発生に伴う測定誤差を抑制し、より正確な流量を計測する超音波流量計またはそれに用いるくさびを提供することができた。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明を実施の形態及び図面に基づいて、更に詳しく説明する。ここで使用する図面は、図1および図2である。

(図1)

図1は、被測定流体11が流れる流体配管10の流量を計測するための超音波流量計において、被測定流体11に入射された超音波パルスの測定領域から反射された超音波エコーを受信する受信機を兼ねた超音波送受信手段（トランスジューサ20）を備える。そのトランスジューサ20は、樹脂製のくさび30にて配管10の所定箇所に固定されている。くさび30の材質については、後述する。

【0026】

トランスジューサ20は、被測定流体11に対して測定線に沿って所要周波数（基本周波数）の超音波パルスを送信させる超音波送信手段と、被測定流体に入射された超音波パルスの測定領域から反射された超音波エコーを受信し、測定領域における被測定流体の流速分布を測定する流体速度分布測定手段とを兼ねている。そして、図示は省略するが、その流速分布に基づいて被測定流体の流量を時間依存で求める流量演算手段としてのマイコン、CPU、MPU等のコンピュータと、このコンピュータからの出力を時系列的に表示可能な表示装置とに接続されている。

また、トランスジューサ20には、トランスジューサ20を加振させる信号発生器としての加振用アンプを備えており、加振用アンプから所要の基本周波数のパルス電気信号が超音波トランスジューサへ入力されるようになっている。そして、パルス電気信号の印加により基本周波数の超音波パルスが測定線に沿って発振せしめられる。超音波パルスは、パルス幅5mm程度で拡がりをもたない直進性のビームである。

【0027】

トランスジューサ20は、発振された超音波パルスが流体11中の反射体（例えば「気泡」であるが図示は省略している）に当たって反射される超音波エコーを受信するようになっている。

トランスジューサ20にて受信された縦波による超音波エコーは、トランスジューサ20が兼ねた反射波レシーバーにて受信され、その反射波レシーバーにてエコー電気信号へ変換される。このエコー電気信号は、増幅器で増幅された後、AD変換器を通してデジタル化される。そして、デジタル化されたデジタルエコー信号が流速分布計測回路を備えた流速計算装置に入力される。

【0028】

流速計算装置には、発振用アンプからの基本周波数の電気信号がデジタル化されて入力され、両信号の周波数差からドップラシフトに基づく流速の変化もしくは両信号の相互相関値を用いて流速を計測し、測定線に沿う測定領域の流速分布を算出している。測定領域の流速分布を超音波の入射角度 α で較正することによって、流体配管の横断面における流速分布を計測することができる。

【0029】

さて、流体配管10の寸法（外径、肉厚、内径のいずれか2つ以上）、流体配管10の材質、流体11の種類などが予め把握できている場合には、前述した超音波の入射角度 α

が特定できる。その特定された超音波の入射角度 α に基づいて、トランスジューサ 20 のくさび 30 に対する取り付け角度が特定され、その取り付け角度が得られるようにくさび 30 を形成することとなる。

【0030】

くさび 30 と超音波送信手段 20 との関係を説明する。そのくさび 30 における前記超音波送信手段 20 から流体配管 10 の外壁面に至る距離を L_x とし、当該くさび 30 内を超音波が透過する速度を V_k とし、超音波の振動子が有する不感帯の時間を T_t とすると、 $L_x > V_k \times T_t$ であるようにくさび 30 を加工する。

具体的には、例えばくさび 30 の材質がアクリル樹脂である場合には $V_k = 2700 \text{ m/s}$ であり、 $T_t = 20 \text{ ms}$ であるので、54 mm 以上を確保すればよく、70 mm ほどを確保したくさびとした。

【0031】

(図 2)

図 2 に示す実施形態は、くさび 30 について要求される二つの機能に基づいて、それぞれの部位の材質を異ならせたものである。二つの機能とは、被測定流体 11 に係る流体配管 10 に対してトランスジューサ 20 を固定するための機能と、トランスジューサ 20 から発振された超音波を流体配管 10 の外壁面に到達させる機能である。前者の機能を達成する部位を固定部 31、後者の機能を達成する部位を超音波伝達部 32 とする。そして、その超音波伝達部 32 の材質については、 V_k の値が小さな材質を採用できれば、ノイズ発生を抑制しつつコンパクトなくさび 30 を提供できることとなる。

一方の固定部 31 の材質は、加工が行いやすい樹脂などの材質、例えばエポキシ樹脂である。

【0032】

なお、図示は省略するが、超音波伝達部 32 の材質が流体配管 10 の音響インピーダンスと同じとなる材質であれば、そのくさび 30 と流体配管 10 の外壁面との界面でも横波の発生を抑制できる。その場合、被測定流体 11 に入射された超音波は縦波のみであり、横波を原因とする測定誤差の発生を抑制することもできる。

一方、流体配管 10 の寸法（外径、肉厚、内径のいずれか 2 つ以上）、流体 11 の種類などを把握することによって特定される超音波の入射角度 α が得られるように固定部 31 を加工することは、固定部 31 までがステンレス鋼などの材質を採用する場合に比べて容易である。

【産業上の利用可能性】

【0033】

本願発明は、ドップラ式超音波流量計に限られず、一般の超音波流量計に属する流量計においても採用することができる。

また、超音波流量計の製造業のほか、超音波流量計取り付け業、メンテナンス業においても用いられる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図 1】 第一の実施形態を示す概念図である。

【図 2】 第二の実施形態を示す概念図である。

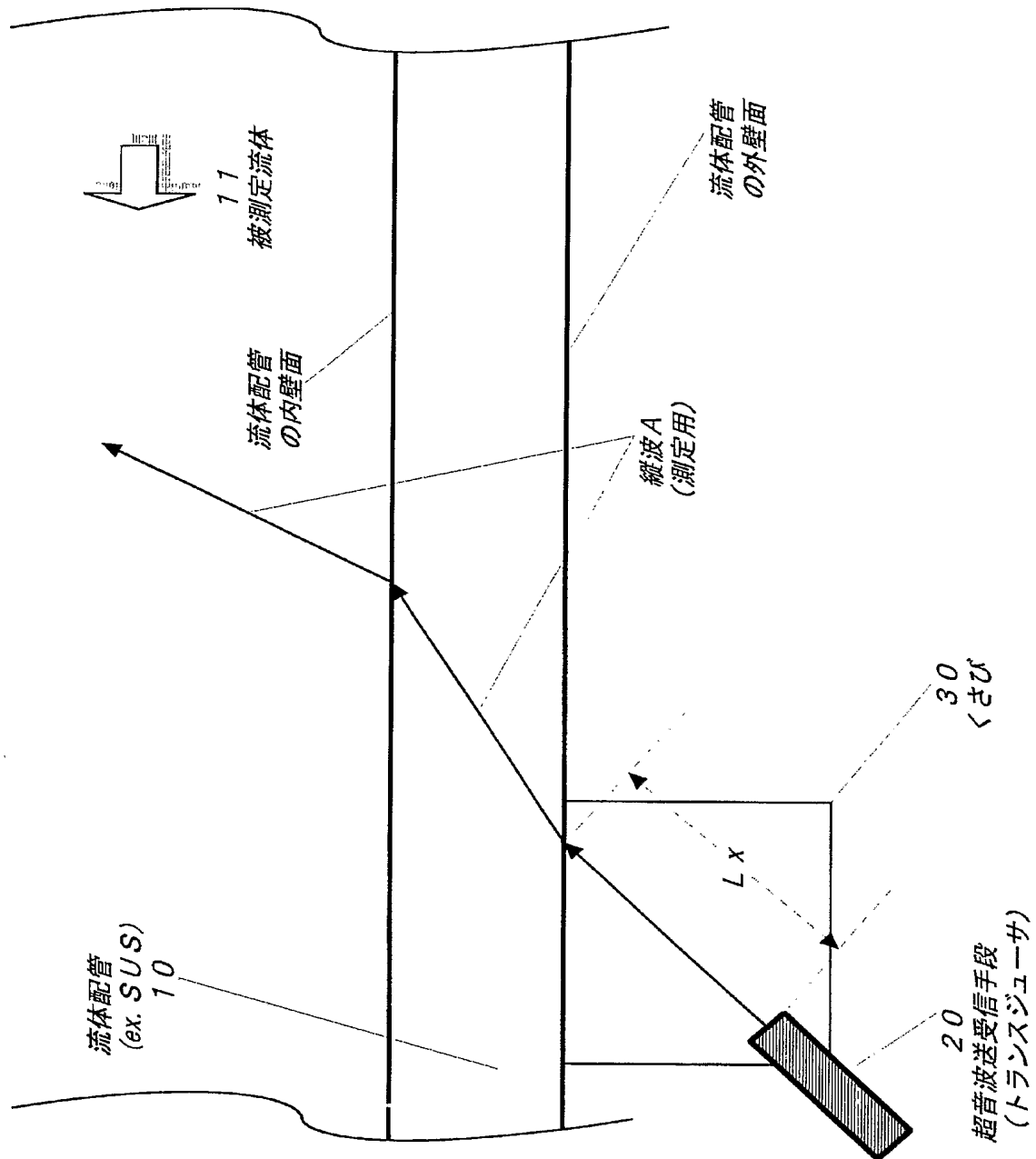
【図 3】 従来の技術の問題点を示すための概念図である。

【符号の説明】

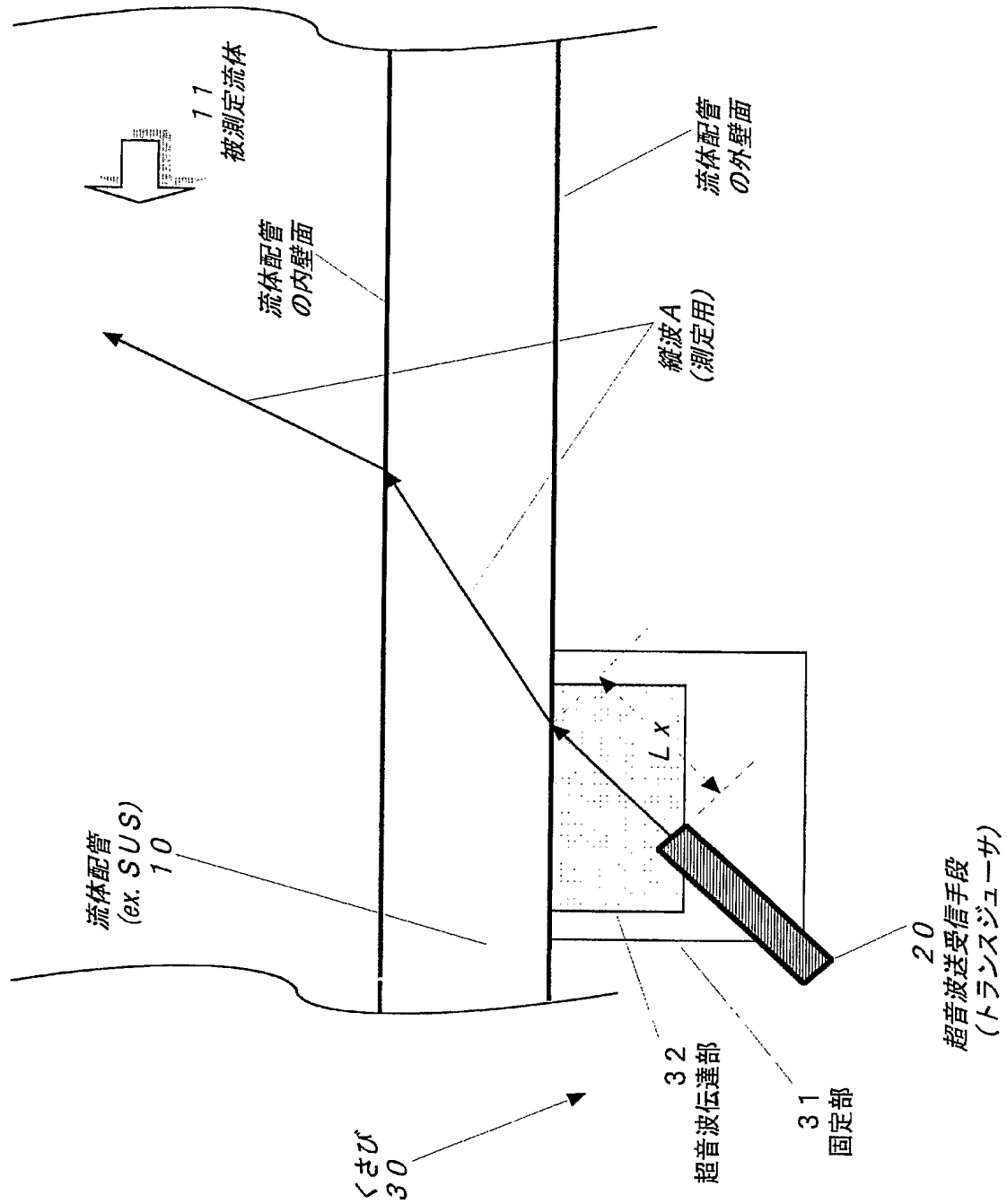
【0035】

- | | | | |
|----|--------------------|----|-------|
| 10 | 流体配管 | 11 | 被測定流体 |
| 20 | 超音波送受信手段（トランスジューサ） | | |
| 30 | くさび | 31 | 固定部 |
| 32 | 超音波伝達部 | | |

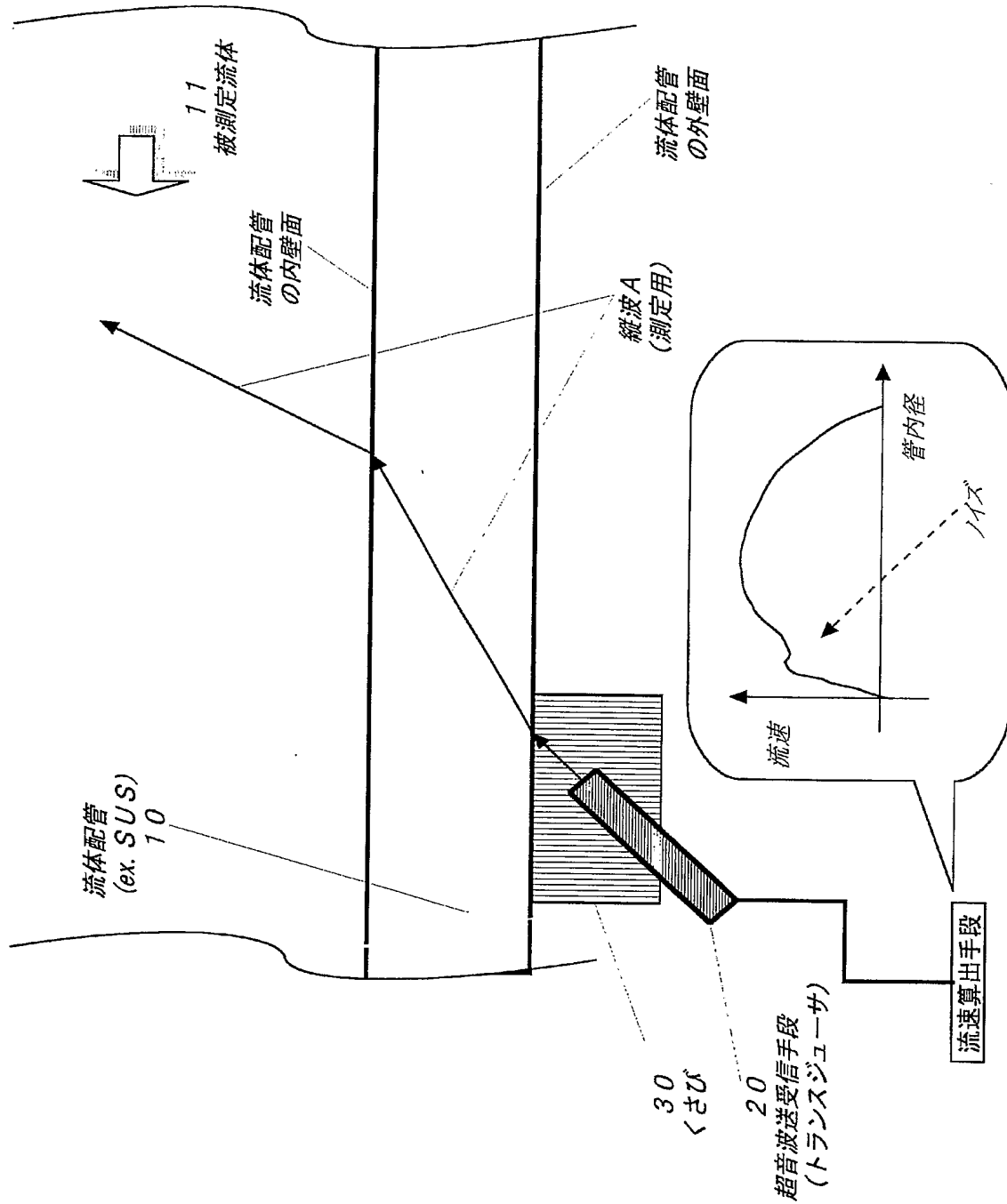
【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 エミッションとレシーバとを一つの超音波発信受信装置として提供される超音波流量計において、エミッションから発生するノイズを原因とする測定誤差を抑制する。

【構成】 超音波送信手段と超音波エコーを受信する受信手段とを一体に形成する。被測定流体(11)に係る流体配管(10)の外壁面に対して前記超音波送信手段(20)を固定するためのくさび(30)を設け、そのくさび(30)における前記超音波送信手段(20)から流体配管(10)の外壁面に至る距離を、当該くさび(30)内を超音波が透過する速度に超音波の振動子が有する不感帯の時間を掛けて算出される距離よりも大きくなるように形成する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 4 3 5 9 1 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 6 8 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 3 号

氏 名

東京電力株式会社